

взаимодействием факторов, позволяющая с достаточной степенью точности предсказывать значения функции как в рассматриваемых диапазонах изменения факторов, так и в некоторых областях за их пределами (коэффициент детерминации модели  $R^2 = 0,99$ , доверительная вероятность  $D = 99,3 \%$ ).

Выявлены статистически значимые факторы: *угол наклона волокон в заготовке  $\alpha$ , влажность  $W$ , температура  $TO$  ( $T$ )*, а также парное взаимодействие  $\alpha W$ . В результате анализа полученной зависимости определены благоприятные для обработки заготовок режимы, например, угол наклона волокон в заготовке  $\alpha$  – не более 30 град., влажность  $W$  – не более 10 %, степень прессования  $\varepsilon$  – не менее 50 %, температура  $TO$  – 180 °С.

## Библиографический список

1. Хухрянский П.Н. Прессование древесины. М.: Лесная пром-сть, 1964. 348 с.
2. Шамаев В.А. Перспективы производства и применения модифицированной древесины // Научный журнал КубГАУ – Scientific Journal of KubSAU. 2012. № 78. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-proizvodstva-i-primeneniya-modifitsirovannoy-drevesiny> (дата обращения: 14.05.2019).
3. Тарбеева Н.А., Рублева О.А. Технология изготовления упрочненного декоративного отделочного материала из массивной древесины // Экологические и биологические основы повышения продуктивности и устойчивости природных и искусственно возобновляемых лесных экосистем: мат-лы Международн. науч.-практич. конф., посвященной 100-летию высшего лесного образования в г. Воронеж и ЦЧР России. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», 2018.
4. Электронный учебник по статистике. URL: <http://statsoft.ru/home/textbook/modules/stexdes.html> (дата обращения 10.05.2019).
5. Мазуркин П.М., Сафин Р.Г., Просвирников Д.Б. Статистическое моделирование процессов деревообработки: учебн. пособие. Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. 342 с.
6. Халафян А.А. Промышленная статистика: контроль качества, анализ процессов, планирование экспериментов в пакете STATISTICA: учеб. пособие. М.: Либроком, 2013. 384 с.

УДК 65.012.122

**В.В. Чамеев, В.В. Иванов**  
(V.V. CHameev, V.V. Ivanov)  
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)  
E-mail для связи с авторами: victor.82@mail.ru

## **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАБОТУ ЛЕСООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ ПРИ РАСКРОЕ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ НА ПИЛОПРОДУКЦИЮ FACTORS AFFECTING THE WORKING OF WOOD-WORKING MACHINES IN LONG-TERM ROUNDWOOD**

*Дана классификация факторов, влияющих на временные параметры распиловки лесоматериалов на лесообрабатывающих станках. Намечены пути экспериментального учёта влияния этих факторов на процесс.*

*The article presents the classification of factors affecting the timing of sawing timber on forest processing machines, and also shows how to take experimental account of the influence of these factors.*

Длительность распиловки круглых лесоматериалов на лесообрабатывающих станках является основным элементом (составляющей) формулы по определению производительности. Теория производительности машин и механизмов зародилась в начале 30-х годов в машиностроении, а в 1932 г. в МВТУ им. Баумана уже была введена соответствующая дисциплина.

Главной целью теории производительности является выявление и анализ закономерностей технического прогресса, в первую очередь – закономерностей развития станков, автоматов, автоматических линий, выявление причинных связей и зависимостей, количественное их описание.

Появляются аналогичные разработки по теории производительности в лесной отрасли, у горняков, в радиоэлектронике и автоматике, в сельском хозяйстве, в других отраслях.

Теория производительности машин и механизмов для всех отраслей промышленности и сельского хозяйства применяется при проектировании, планировании и управлении как отдельными машинами и механизмами, так и технологическими потоками, полуавтоматическими и автоматическими линиями, гибкими производственными и автоматизированными системами.

Теория производительности машин и механизмов учитывает вероятностный характер изучаемых явлений, рассматривает объект исследований с позиций теории сложных систем, использует аналитические и имитационные методы, математический аппарат исследования операций, факторный и регрессионный анализ, т. е. практически весь арсенал математики.

Теория производительности машин и механизмов присутствует в САПР, АСУ ТП, АСУ П и других системах, учитывает качество, надежность, экономические показатели.

Обзор научно-технической информации о факторах, влияющих на временные параметры распиловки лесоматериалов на станках, т. е. на производительность, осмысление полученных материалов позволило классифицировать эти факторы.

На рисунках 1 и 2 приведены результаты этой классификации. На рисунке 1 представлены основные факторы, влияющие на процесс распиловки лесоматериалов на лесообрабатывающих станках. К группе факторов «Сырьё» можно отнести диаметр (толщину) круглых лесоматериалов, длину, породу, закомелистость, кривизну, сбеги, гниль, сучки, трещины, механические повреждения, влажность и температуру древесины.

В группе факторов «Продукция» основными будут размеры выпиленной пиломатериала, её шероховатость и точность распиловки. Группа факторов «Оборудование (станки и околостаночное оборудование)» включает параметры питателей (длины транспортеров, емкости питателей), параметры станков (скорости рабочих и тяговых органов, мощности электродвигателей и т. д.), степень механизации и автоматизации технологических операций, надежность оборудования [1, 2].

В группу факторов «Инструмент» можно включить тип режущего органа и его толщину, параметры зубьев и их шаг, качество и способ подготовки зубьев (развод, плющение), материал зубьев и тела пилы [1, 3].

Группа факторов «Станочник» показана на рисунке 2 и включает психофизические, санитарно-гигиенические, социальные, экономические и технико-организационные факторы. Более подробно об этих факторах можно узнать из работ

Е.Н. Шермана, Р.П. Миусковой, Л.Ф. Никулина и «Сборника нормативно-технических документов по оценке уровня качества продукции». М.: ВНИИС, Издательство стандартов, 1975. 93 с. [4–7].

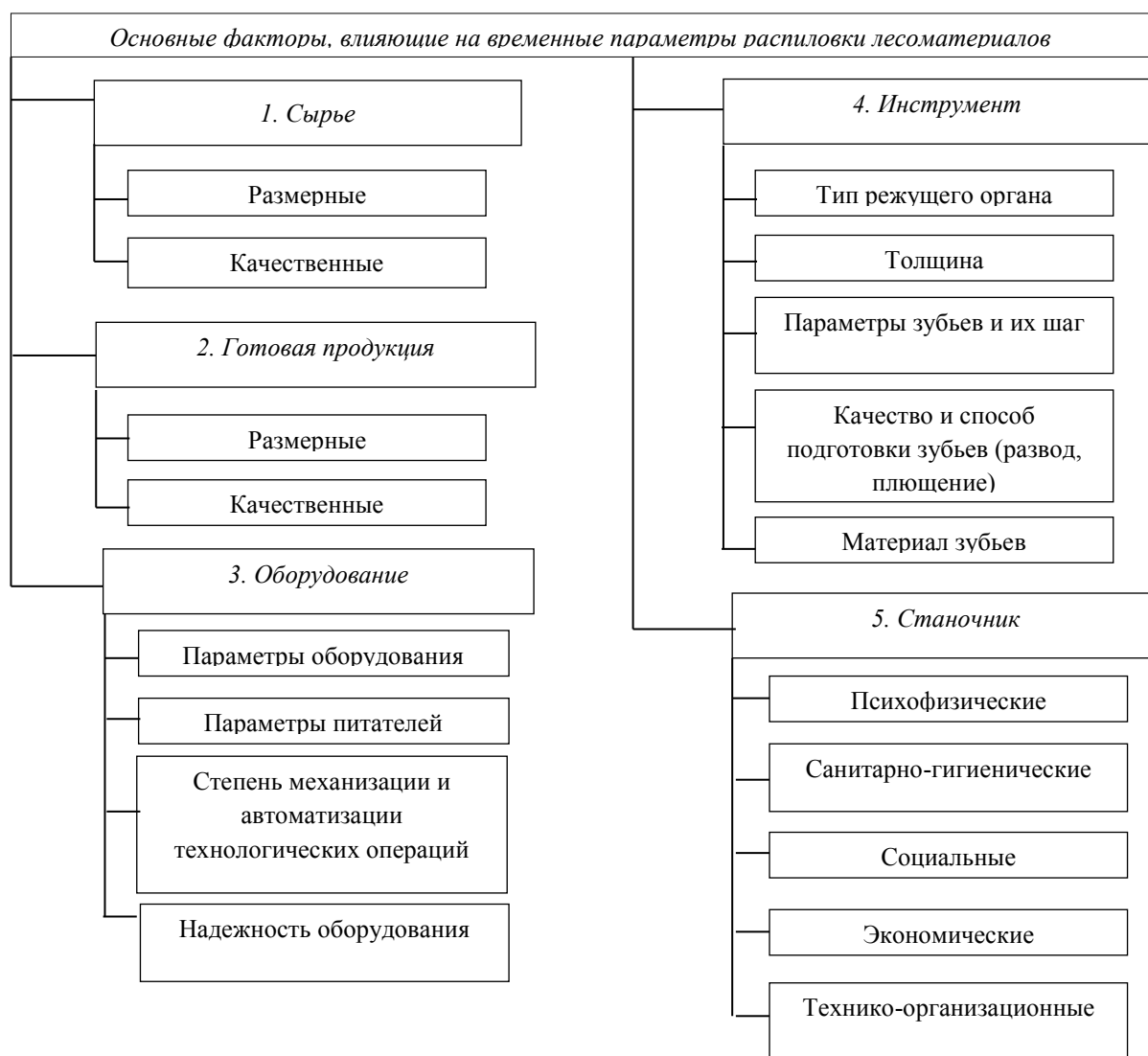


Рис. 1. Основные факторы, влияющие на временные параметры распиловки лесоматериалов

Для практических целей этот перечень факторов подлежит сужению. В теории планирования эксперимента рекомендуется учитывать в математических моделях не более 6–8 факторов. При большем числе факторов значительно возрастает время на создание математических моделей и время на проведение машинных экспериментов. Выбор наиболее значимых факторов возможен при проведении социологического эксперимента (метод ранговой корреляции) и отсеивающих экспериментов при имитационном моделировании.

В настоящее время к выбору параметров процессов раскрытия лесоматериалов подходят с точки зрения оптимизации. Задачи оптимизации технологических процессов рассматриваются как задачи математического программирования, состоящие из целевых функций и ряда ограничений. Целевые функции отражают критерии оптимизации по себестоимости операции или по производительности оборудования.



Рис. 2 (начало). Группа факторов «Станочник»

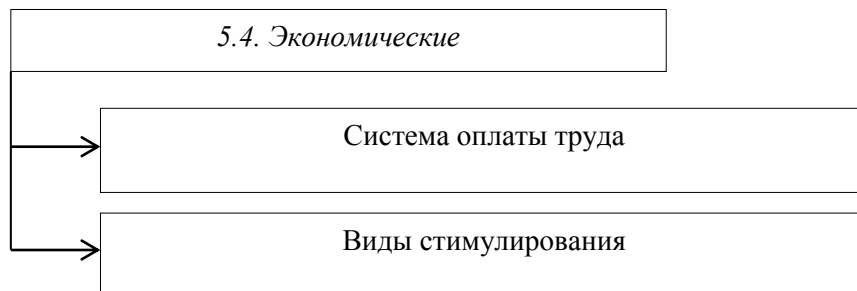
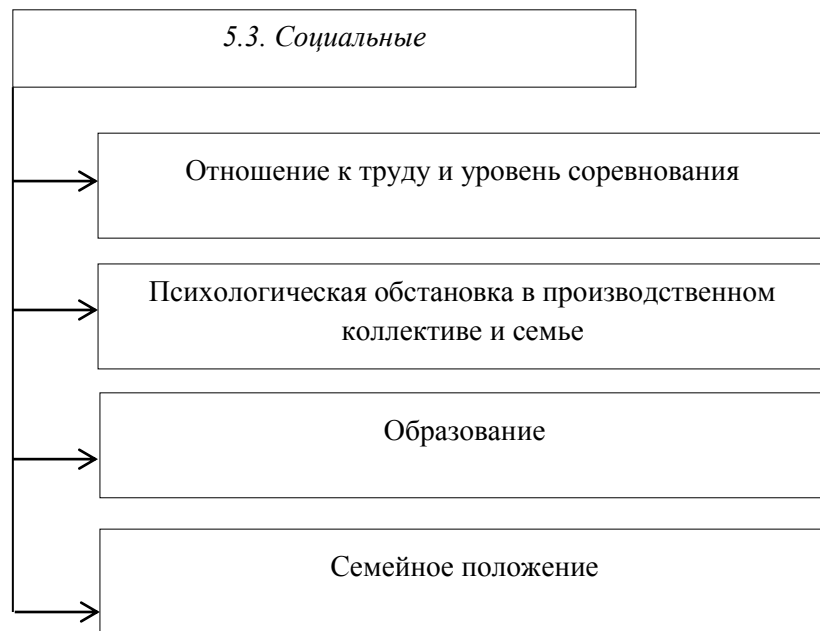


Рис. 2 (продолжение). Группа факторов «Станочник»

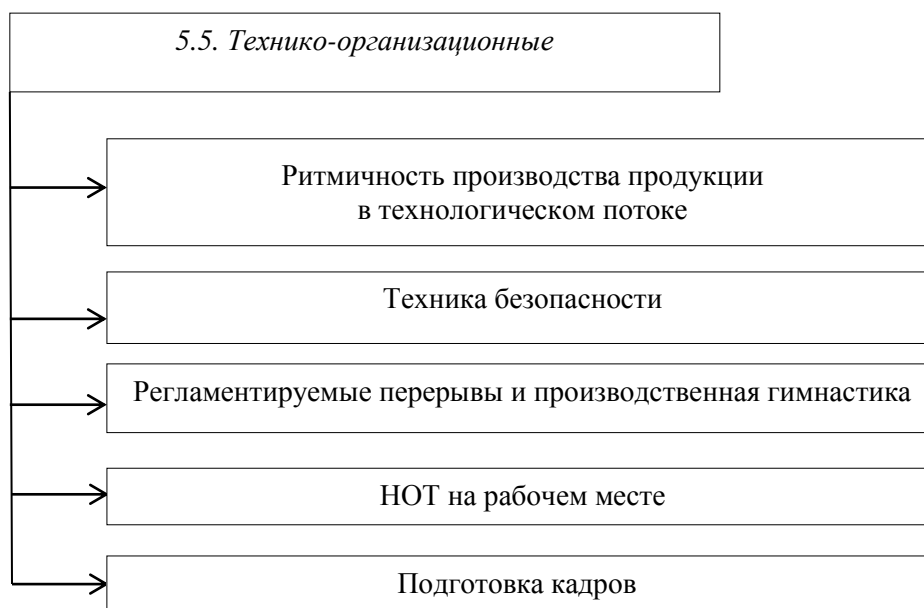


Рис. 2 (окончание). Группа факторов «Станочник»

Задачи оптимизации сводятся к нахождению оптимальных значений искомых переменных, при которых целевая функция достигает максимального или минимального значения. Целевые функции процессов, как правило, получают на основании теоретических предпосылок. При выводе ограничений процессов используют результаты как теоретических, так и экспериментальных исследований.

Ограничения математических моделей процессов механической обработки древесины классифицируют по трем группам [1].

1. Конструктивно-технологические ограничения:

1.1. По мощности привода главного движения (при резании – привода механизма резания).

1.2. По мощности привода вспомогательного движения (при резании – привода механизма подачи).

1.3. По прочности узлов оборудования.

1.4. По устойчивости инструмента.

1.5. По условиям заполнения пазух инструмента стружкой.

1.6. По допустимым условиям закрепления инструмента и подачи заготовок.

1.7. По наибольшей скорости резания, допустимой кинематикой станка и режущими возможностями инструмента.

1.8. По наименьшей скорости резания, допустимой кинематикой станка.

1.9. По наибольшей скорости подачи, допустимой кинематикой станка.

1.10. По наименьшей скорости подачи, допустимой кинематикой станка.

1.11. По наибольшей допустимой глубине резания.

1.12. По наименьшей технологически приемлемой глубине резания.

2. Качественные ограничения:

2.1. По шероховатости обработанной поверхности.

2.1.1. По неровности разрушения.

2.1.2. По мшистости и ворсистости.

2.2. По точности обработки.

2.2.1. По точности размерообразования.

2.2.2. По продольной волнистости (кривизне).

2.2.3. По поперечной волнистости (покоробленности).

2.3. По нагреву обрабатываемой поверхности.

3. Техничко-экономические ограничения:

3.1. По заданной производительности оборудования или ритму работы автоматической и поточной линии.

3.2. По расходу обрабатывающего инструмента.

3.3. По объему заготовок в партии.

3.4. По времени работы инструмента, т. е. по времени на технологические операции за период стойкости.

Для построения математической модели любого технологического процесса прежде всего необходимо описать его. Цели математического описания процессов механической обработки лесоматериалов состоит в выражении величин  $y_k$ , характеризующих тот или иной процесс, в виде функциональных зависимостей от различных переменных факторов  $x_i$ , действующих в этом процессе. Эти зависимости для ряда процессов механической обработки древесины следующие [1]:

1. Силовые:

1.1. По усилиям резания  $F_p$  и подачи  $F_n$ , т. е.  $F_p = f(x_i)$  и  $F_n = f(x_i)$ .

1.2. По мощности резания  $P_{рез}$  и мощности подачи  $P_{под}$ , т. е.  $P_{рез} = f(x_i)$  и  $P_{под} = f(x_i)$ .

2. Качественные:

2.1. По неровностям разрушения обработанных поверхностей деталей, т. е.  $R_{z\max} = f(x_i)$ .

2.2. По мшистости и ворсистости обработанных поверхностей  $W = f(x_i)$ .

2.3. По точности размерообразований обрабатываемых деталей  $\delta = f(x_i)$ .

2.4. По продольной волнистости (кривизне) обрабатываемых деталей  $\delta_k = f(x_i)$ .

2.5. По поперечной волнистости (покоробленности) поверхности детали  $\phi = f(x_i)$ .

3. Техничко-экономические:

3.1. По себестоимости обработки  $C = f(x_i)$ .

3.2. По производительности обработки  $\Pi = f(x_i)$ .

К характеристике ряда процессов можно отнести работоспособность инструментов по заполнению емкости впадин  $A = f(x_i)$  и устойчивость  $B = f(x_i)$ .

Экспериментальным исследованиям уделяется большее внимание при изучении технологических процессов. Исследования проводятся часто для определения наивыгоднейших условий технологических процессов, оптимальных режимов работы и параметров машин и механизмов, а также для состава многокомпонентных систем [1].

К решению задач такого рода имеются два подхода [1]: первый подход заключается в том, что перед определением оптимальных условий процесса всесторонне исследуются как механизм данного процесса, так и свойства изучаемого вещества. Основываясь на результатах таких исследований, можно создать теорию, с помощью которой будут решаться задачи по определению оптимальных условий технологического процесса или оптимальных параметров машин и механизмов. Вторым подходом заключается в экспериментальном изучении механизма данного процесса.

Первый подход предпочтительнее, однако такой подход редко применяется при решении технологических задач. Технологические процессы, такие как механическая обработка древесины, настолько сложны, что пока еще не поддаются полному теоретическому изучению, так как определяются большим количеством различных факторов, воздействующих на данный процесс. Количественная оценка влияния большого числа факторов на процесс представляет собой трудную задачу для теоретического решения. При неполном знании процесса лучше обратиться к эксперименту.

В процессе эксперимента [1] обычно исследуется лишь часть факторов, влияющих на процесс. Как же поступить с оставшимися факторами? При классической постановке эксперимента исследователи стремятся стабилизировать эти факторы, что не всегда удается. Целесообразно факторы, которые нельзя стабилизировать, учитывать как случайные величины.

## *Выводы*

На технологический процесс раскроя лесоматериалов в лесообрабатывающих цехах действует множество факторов. При построении математических моделей функционирования станков и станочных систем, при имитации их работы необходимо число факторов, действующих на работу станков, существенно снизить. Один из способов для выбора наиболее значимых факторов при построении математической модели базируется на социологическом эксперименте, а при проведении имитации – путём отсеивающих экспериментов.

## **Библиографический список**

1. Пижурин А.А. Оптимизация технологических процессов деревообработки. М.: Лесн. пром-сть, 1975. 312 с.
2. Рябов В.В. Основные положения методики автоматизированных испытаний на надёжность деревообрабатывающего оборудования // Научные труды московского государственного университета леса. М.: МГУЛ, 1995. № 281. С. 35–38.
3. Соболев И.В. Статистический контроль качества рамной распиловки. М.: Лесн. промышленность, 1971. 104 с.
4. Шерман Е.Н. Изучение и проектирование трудовых процессов. М.: Машиностроение, 1971. 120 с.
5. Миускова Р.П. Оптимизация трудовых процессов с использованием математических методов и ЭВМ. М.: Экономика, 1975. 200 с.
6. Никулин Л.Ф. Системный анализ трудовых процессов станочников. М.: Экономика, 1975. 174 с.
7. Сборник нормативно-технических документов по оценке уровня качества продукции. М.: ВНИИС, Издательство стандартов, 1975. 93 с.

**УДК 674.213.049.2:674.031**

**Д.В. Шейкман, Н.А. Кошелева, Ш.А. Салахутдинов**

(D.V. Sheikman, N.A. Kosheleva, SH.A. Salahutdinov)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: cheikman@yandex.ru

## **ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОПИТАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ И ОСИНЫ**

## **PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF IMPREGNATED WOOD OF BIRCH AND ASPEN**

*Изучены основные физико-механические свойства модифицированной древесины осины и березы как наиболее важные для покрытий пола в процессе эксплуатации.*

*To justify the use of modified birch and aspen wood as a durable floor covering, the physical and mechanical properties, as the most important for floor coverings during exploitation, are studied.*